

Можно произвести оценку количества вырабатываемой ВЭУ электроэнергии за год с помощью выражения

$$D = 8,76 \cdot k \langle N \rangle S, \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^2, \quad (8)$$

где  $k$  – коэффициенты повторяемости скоростей ветра, являющиеся допустимыми для работы ВЭУ;  $\langle N \rangle$  – средняя удельная мощность ветрового потока;  $S$  – площадь ометаемой лопастями поверхности.

Подставляя в формулу (8) найденные нами значения, получим выработку ВЭУ, с радиусом лопастей 3 м, 8773 кВт·ч в год.

4. Ввиду относительной удаленности от города Орска местности с хорошими орографическими показателями и приемлемой удельной мощностью ветрового потока, на данном этапе продолжается сбор экспериментальных данных для обоснования возможности постройки ветропарка.

#### Список литературы

1. Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ (в ред. от 04.10.2014) «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (в ред. от 28.12.2013). [Электронный ресурс]. URL: [http://base.garant.ru/12171109/1/#block\\_100](http://base.garant.ru/12171109/1/#block_100) (дата обращения: 28.10.2014).
2. Рензо Д. Ветроэнергетика / под ред. Я. И. Шефтера. М. : Энергоатомиздат, 1982. С. 4–35.
3. Анапольская Л. Е., Гандин Л. С. Ветроэнергетические ресурсы и методы их оценки // Метеорология и гидрология. 1978. № 7. С. 11–17.
4. Рыхлов А. Б. Климатологическая оценка ветроэнергетического потенциала на различных высотах: на примере юго-востока Европейской территории России: автореферат дис. ... д-ра географ. наук: 25.00.30 / Рыхлов Александр Богданович. Казань, 2012. – 36 с.: ил. РГБ ОД, 9 12-5/2938.

УДК 621.548

Лунегов Г. В., Немков Д. А., Попов А. И.  
Уральский федеральный университет,  
kanductor@gmail.com

## ТЕРМОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ВЕТРОУСТАНОВКА

Известно «золотое правило» ветроэнергетики: при среднегодовой скорости ветровых потоков менее 5 м/с, ветроэнергетические установки (ВЭУ) неэффективны и, как правило, себя не окупают.

На равнинной территории Российской Федерации в большинстве регионов, по данным метеорологических служб, среднегодовая скорость ветра равна 2–4 м/с, поэтому ВЭУ работают эпизодически в короткие отрезки времени, как правило, поздней осенью и зимой.

Повысить стабильность работы и расширить временные отрезки работы ВЭУ можно за счет использования восходящих потоков.

На кафедре «Атомные станции и возобновляемые источники энергии» УрФУ запатентована термоэнергетическая установка [1], использующая для получения электрической энергии одновременное воздействие ветровых пото-

ков и воздействие от искусственно создаваемых потоков, например от сбросного тепла АЭС, ТЭЦ и т.п.

Изобретение относится к ветроэнергетике и может быть использовано для получения механической или электрической энергии. Ветроустановка содержит неподвижный несущий корпус, вертикальную ось, соединенную с ротором в верхней части, электрогенератором и побудителем тяги в основании корпуса, выполненным в виде кольцевой камеры ввода горячего воздуха от дополнительно введенного и расположенного в потоке теплообменника «вода-воздух». Над камерой на оси установлено ветроколесо, а по образующей корпуса выполнены окна, в которых размещены лопасти тангенциально к его окружности. В потоке дополнительно установлено устройство для аэрации жидкости, вход которого подключен к выходу теплообменника, а его выход с влажным горячим воздухом соединен с кольцевой камерой побудителя тяги. На вертикальной оси между ротором и ветроколесом установлена обгонная муфта, ротор – в конусной части несущего корпуса, а на его оголовке расположен разряжитель воздуха. Ветроустановка может быть использована для выработки электрической энергии из тепловых сбросов воды в пруды-охладители АЭС, ТЭЦ и др. путем преобразования их в вихревые потоки для функционирования ветроустановки.

Известны устройства аналогичного назначения, например ветродвигатель по авторскому свидетельству №1245744 [2]. Данный ветродвигатель имеет сложную конструкцию, трудно реализуемую на практике, и требует наличия для его эффективной работы невозобновляемого органического топлива: нефти, солярки или керосина. Это противоречит концепции использования возобновляемой энергетики, в т. ч. ветровой.

Известна также ветрогенераторная тепловая электростанция – ВГТЭС по патенту №2439366 [3]. Основной недостаток данного ветродвигателя также в том, что для его эффективного использования необходимо создание воздушной тяги за счет сжигания твердого топлива, а также наличие жидкого топлива для розжига твердого через распылительные форсунки.

Кроме того, известна аэродинамическая установка по патенту № 2415297 [4]. В данной установке весьма мал объем захвата естественного ветрового потока, который проходит по нижнему основанию башни. Принцип работы данного устройства основан на создании тяги от дымовых газов, подаваемых в вытяжную башню на верхний уровень через кольцевую систему распределения дымовых газов.

Таким образом, естественный скоростной напор ветрового потока в данной установке практически не учитывается, а выходная мощность устройства будет определяться тепловой мощностью дымовых газов, создающих внутри башни смешанный с воздухом восходящий поток.

Задачей предлагаемого технического решения является устранение указанных недостатков.

Технический результат предлагаемого решения заключается в следующем:

- увеличение эффективности установки за счет использования горячего воздуха от тепловой энергии воды после охлаждения ею агрегатов АЭС, ТЭЦ и т.п.;
- увеличение эффективности установки за счет создания вихревой структуры потока внутри несущего корпуса ветроустановки;
- повышение эффективности установки за счет насыщения горячего воздуха парами воды и увеличение его плотности;
- повышение эффективности установки за счет увеличения ометаемой поверхности ветровым потоком по всей высоте несущего корпуса.

На рис. 1 изображена в разрезе конструкция термоэнергетической ветроустановки, а на рис. 2 – вид А-А.

Термоэнергетическая ветроустановка содержит неподвижный несущий корпус 1, вертикальную ось 2, ротор 3, электрогенератор 4, кольцевую камеру 5 ввода горячего воздуха, теплообменник 6 типа «вода-воздух», размещенный в потоке горячей воды ( $V_{Г.В}$ ), охлаждающего агрегата АЭС, ТЭЦ и т.п. Горячий воздух через вентиль 7 и кольцевую камеру поступает на дополнительное ветроколесо 8, расположенное внизу корпуса. Ветровой поток ( $V_В$ ) воздействует на тангенциально установленные лопасти 9, создает дополнительный вихрь в корпусе. Устройство 10 для аэрации жидкости также установлено в потоке горячей воды ( $V_{Г.В}$ ), выход его через вентиль 11, подключен к штуцеру 12 входа в кольцевую камеру. Для согласования режимов работы ротора и ветроколеса на оси использована обгонная муфта 13. Конструкция корпуса (рис. 2) может, например, состоять из стоек 14, к которым в окнах 15 крепятся лопасти. Для слива возможного конденсата воды предусмотрен вентиль 16.

Термоэнергетическая установка работает следующим образом. Поток горячей воды ( $V_{Г.В}$ ) выходящий после охлаждения агрегатов АЭС, ТЭЦ в пруд-охладитель, омывает один или несколько последовательно соединенных и погруженных в поток теплообменников 6 типа «вода-воздух». Горячий воздух под действием конвекции, разряжения в корпусе или под действием дополнительного вентилятора (не показан на рис. 2, 3) поступает через вентиль 7, штуцер 12 в кольцевую камеру 5 и приводит во вращение ветроколесо 8, закрепленное на оси 2. Вращение ветроколеса создает вихревой восходящий поток горячего воздуха внутри корпуса установки.

Одновременно ветровой поток ( $V_В$ ) действует по всей высоте корпуса, что увеличивает площадь ометания, на тангенциально установленные лопасти 9, которые закручивают согласно в том же направлении смешанный с горячим воздухом восходящий ветровой поток, усиливая его энергетическую составляющую.

В конической верхней части корпуса восходящий поток уплотняется и поступает на ротор 3, закрепленный на вертикальной оси 2. Также в конической части установлен стандартный разряжитель воздуха, создающий дополнительное разряжение (подсос) воздуха из несущего корпуса. Вращающаяся ось 2 передает суммарный момент вращения от ротора 3 и ветроколеса 8 на электрогенератор 4 или на другой исполнительный механизм.

При отсутствии или при слабом ветровом потоке ( $V_B$ ) обгонная муфта 13 передает усилие на центральную ось 2 только от ветроколеса 8. При средних по скорости ветрах ротор и ветроколесо работают совместно. Если скорость ветра возросла выше допустимых пределов, ротор 3 будет вращаться быстрее ветроколеса 8 и не будет передавать усилие вращения на генератор 4. Защиту от бурового ветра можно предусмотреть также закрыванием окон лопастями 9, поворачивающимися на стойках 14.

Энергетическая характеристика любой ветроустановки зависит от скорости потока, площади ометания и от плотности воздуха.

Плотность воздуха зависит от его влажности. В данной конструкции влажность воздуха создается за счет пропускания горячего воздуха от теплообменников 6 через устройство 10 для аэрации жидкости. Такого рода устройства широко используются в технологиях флотации для получения цветных и редкоземельных металлов, а также в системах очистки питьевых водоемов и в системах очистки сточных вод.

Воздух от теплообменников 6 проходит в заглубленную часть устройства 10 и создает большую массу влажных пузырьков воздуха, которая через вентиль 11 и штуцер 12 поступает в кольцевую камеру 5, усиливая давление на ветроколесо 8. Получив завихрение внутри корпуса и смешавшись с ветровым потоком ( $V_B$ ), насыщенный влагой восходящий поток также с большей силой воздействует на ротор 3.

Регулировать обороты электрогенератора возможно положением лопастей 9, а также объемом пропущенного воздуха через вентили 7 и 11.

Предложенная термознергетическая установка может использоваться в зонах отчуждения АЭС, ТЭЦ для преобразования тепловых сбросов в пруды-охладители путем создания восходящих ветровых потоков в корпусе башни для выработки резервной электрической энергии.

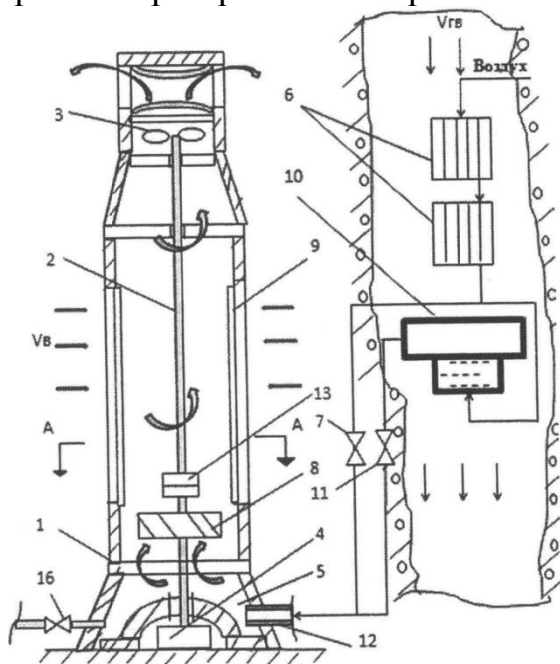


Рис. 1. Термознергетическая ветроустановка

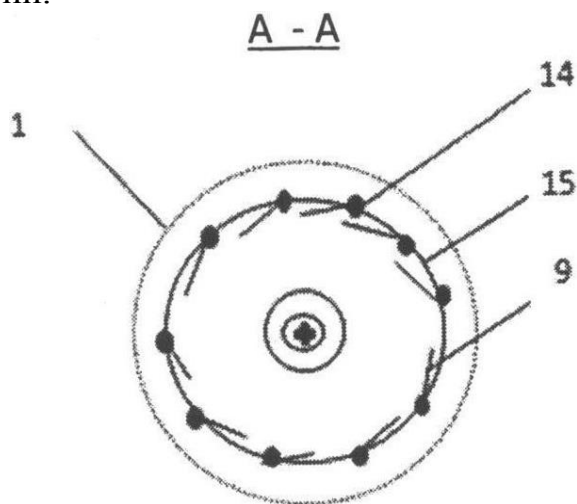


Рис. 2. Разрез A-A

#### Список литературы

1. Термоэнергетическая ветроустановка: пат. 2505704 РФ, МПК F03D 9/00, F28C 3/02 / Щеклеин С. Е., Попов А. И.; заявл. 04.12.12; опубл. 27.01.14.
2. Ветродвижитель: а. с. 1245744 СССР, МПК F03D 5/00 / Р. С. Колобушкин [и др.]. № 3709291/25–06; заявл. 07.03.84; опубл. 23.07.86.
3. Ветрогенераторная тепловая электростанция – ВГТЭС: пат. 2439366 РФ, МПК F03D 1/00 / Магомедов А. Ш. № 2009130989/06; заявл. 14.08.2009; опубл. 10.01.2012.
4. Аэродинамическая установка: пат. 2415297 РФ, МПК F03D 9/00 / Соловьев А. А., Чекарев К. В. № 2009140198/06; заявл. 02.11.2009; опубл. 27.03.2011.

УДК 620.97

Майоров А. А., Денисов К. С., Велькин В. И.  
Уральский федеральный университет,  
denser93@mail.ru

### **РАЗРАБОТКА МОДУЛЬНОЙ МИКРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ ВЫСОКОЙ СТЕПЕНИ ЗАВОДСКОЙ ГОТОВНОСТИ НА БАЗЕ ВИЭ**

Актуальность применения модульных установок высокой заводской готовности обусловлена для России целым рядом обстоятельств [1]:

- необходимостью повышения надежности энергообеспечения децентрализованных потребителей;
- требованием высокого уровня готовности оборудования к разворачиванию и запуску;
- отсутствием навыков эксплуатации высокотехнологичного оборудования у населения;
- удаленностью территорий расположения объектов потребителя и отсутствием сервисного обслуживания в течение длительного времени.

Основная идея модульного кластера ВИЭ – создание контейнерной конструкции с размещением в ней оборудования ВИЭ, оптимизированного под конкретные условия территории (с учетом актинометрических и ветровых характеристик, наличия гидротехнических сооружений, рельефа местности, окружающей растительности, сельскохозяйственных производств). Размещение оборудования в контейнере выполняется в соответствии с требованиями эргономики, ОТ и ТБ и удобства пользования потребителем.

Пример контейнера-модуля комплекса ВИЭ приведён на рис. 1.

Среди задач, которые могли бы, в частности, решать кластеры ВИЭ в модульном исполнении:

- надежное энергоснабжение средств связи и жизнеобеспечения для Минобороны на удаленных объектах;
- энергоснабжение аварийных участков и строящихся объектов Минтранса;